

УДК 655.027, 655.3.027

- © Семенів В. В., к.т.н., Українська академія друкарства, Львів Україна
© Семенів М. Р., к.т.н., Українська академія друкарства, Львів Україна
© Занько Н. В., к.т.н., Українська академія друкарства, Львів Україна
© Ковальський Б. М., д.т.н., Українська академія друкарства, Львів Україна

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВІДТВОРЕННІ КОЛЬОРІВ У БАГАТОФАРБОВОМУ ДРУЦІ

Color reproduction technologies use standard process of color management: on the monitor screen we see an image in the RGB model (Red, Green, Blue) and after the prepress preparation the image will be represented by four colors of CMYK (cyan, magenta, yellow, black) inks. Black ink (K) acts as an additional ink to main three colored inks (CMY) in autotypical synthesis on an imprint. We suggest changing the role of black ink in color reproduction. We have formulated the principle of reproduction of color presented in the RGB model with only two colored and black inks (CMK, MYK or CYK). This principle was the basis of receipt the exact solutions of autotypical equations for color synthesis. The technology implies saving of material resources and, most importantly, significant save (about 50%) colored inks. In recent years, the issue of inks optimization and has become relevant and successfully implemented by companies such as: Agfa (Belgium), Alwan Color Expertise (France), Davor Donevski (Croatia), ColorLogic GmbH (Germany). The purpose of the research was to determine the quality of color reproduction of imprints prepared for printing on an inkjet printer using resource-saving technology and to calculate the CMYK inks savings.

В останні роки питання оптимізації кольорових фарб стало актуальним і успішно впроваджене такими компаніями як: Agfa (Бельгія) [1], Alwan Color Expertise (Франція) [2], Davor Donevski (Хорватія) [3], ColorLogic GmbH (Німеччина) [4]. За даними Agfa, програмне забезпечення InkTune здійснює заміну еквівалентної кількості голубої, пурпурної і жовтої фарб більш дешевою чорною і скорочує витрати на фарбу на 8-30% [1]. Застосування Alwan ColorHub дозволяє заощадити фарбу і тонер до 30% завдяки восьми рівням заміни сірої компоненти. Як наслідок, значно скорочуються витрати, збільшується швидкість та стабільність друку [2]. Програмне забезпечення DONEgscr призначене для економії друкарських фарб СМΥΚ. При опрацюванні PDF-файлів використовується менший відсоток фарб, при цьому характеристики кольору зберігаються [3]. Як стверджують автори, технологія оптимізації фарб GMG InkOptimizer здатна забезпечити найбільшу економію фарб до 47% в межах колориметрично точного відтворення [4]. Проте економія фарби не є пріоритетом в офсетному плоскому способі друку, оскільки економічний ефект може бути відчутним лише для великотиражної продукції. Завдання зменшення витрат друкарських фарб не однозначне, через те, що потрібно розрізняти економію фарб при нанесенні на відбиток та «споживання» фарби машиною [5]. Завдання економії кольорових фарб за рахунок заміни їх на чорну є більш актуальним для цифрового способу друку, в якому подача фарби є дозованою. Компанія Caldera (Франція) в співробітництві з компанією Alwan розробила програмний модуль InkPerformer, призначений для підвищення рентабельності друкарського виробництва за рахунок більш раціонального використання фарби. Як заявляють розробники, InkPerformer дозволяє друкарям скорочувати витрати фарби в середньому на 20 % [6].

Окрім економічного ефекту мінімізація фарб забезпечує зменшення часу сушіння, підвищує стійкість до стирання, а також зменшує кількість хімічних речовини, пов'язаних з розчинником фарб. Тому, розробка технології забезпечення оптимального використання

фарб при кольороподілі для досягнення стабільності друкарського процесу та економічного ефекту є актуальним питанням.

Розглянуті технологічні рішення різних фірм, які зменшують витрати фарб та тонерів мають спільний алгоритм оптимізації фарб. Більшість з них забезпечують економію фарб за рахунок підвищення ступеня заміни сірої компоненти. Тобто, вони наближаються до максимальної заміни сірої компоненти (GCR Maximum) при цьому використовуючи стандартні ICC-профілі.

Технологія ресурсозбереження при відтворенні кольорів у багатофарбовому друці ICaS-ColorPrint, що розроблена під керівництвом д. ф.-м. н., проф. Шовгенюка М. В., суттєво відрізняється від використовуваних на даний момент. Основна відмінність її полягає у зміні ідеології відтворення кольору на відбитку. Суть технології полягає в наступному: задача перетворення кольорів з моделі RGB (червоне, зелене, синє випромінювання) в СМЯК (голуба, пурпурна, жовта, чорна фарби) зводиться до розв'язування рівнянь автотипного синтезу (поєднання адитивного та субтрактивного синтезу кольорів на друкарському відбитку), однозначне вирішення яких можливе лише за умови мінімуму фарб. Рівняння мають розв'язок за рахунок використання нового ортогонального колірному простору ICaS, який слугує сполучною ланкою між RGB та СМЯК та показника нелінійності γ , що є тим єдиним параметром, який забезпечує врахування особливостей відтворення кольору конкретним технологічним процесом репродукування.

Саме застосування колірному простору ICaS дає можливість вирішити наступні задачі кольороподілу: врахувати нелінійність відтворення друкарських фарб на відбитку та їх колориметричні характеристики, здійснити заміну невідтворюваних кольорів за системою Мансела, точно визначити область попарного накладання фарб на хроматичній CaS-діаграмі простору ICaS для довільного кольору зображення та розв'язати систему рівнянь автотипного синтезу. За цією технологією подана заявка на міжнародний патент [7] та розроблено чотири комп'ютерні програми: ICaS-Color Inks Gamut [8], ICaS CMYK-Correction [9], ICaS Color Print 2.0 [10] та ICaS-Color Synthesis 2.0 [11]. Програма ICaS-Color Inks Gamut призначена для опрацювання характеристичних даних (Fogra, SWOP, GRACoL, ECI), в модулі ICaS CMYK-Correction проводять заміну невідтворюваних кольорів на зображенні, а в ICaS Color Print 2.0 можна здійснити кольороподіл для чотири- та шестифарбового друку. Комп'ютерна програма ICaS-Color Synthesis-2.0 призначена для аналізу витрат друкарських фарб та їх оптимізації. В програмі здійснюється синтез зображення друкарськими фарбами СМЯК на основі аналітичної моделі рівнянь автотипного синтезу та опонентного колірному простору ICaS. В програмі здійснюється побудова колірному охоплення фарб СМЯК, аналіз зображення (цифрового оригіналу) в моделі СМЯК за критерієм TAC (Total Area Coverage – сумарна площа накладання), середнього відсотку покриття кожної фарби по площі зображення та в областях максимального накладання фарб. Програма дозволяє проводити гамма-корекцію фарб та здійснити кольороподіл зображення згідно з аналітичними розв'язками рівнянь автотипного синтезу для оптимізації друкарських фарб [11].

Метою досліджень було встановити якість кольоровідтворення зображень на відбитках, підготовлених до друку на струменевому принтері з використанням технології ресурсозбереження та порахувати економію фарб СМЯК.

За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення Profile Maker Pro (GretagMacbeth) створено тестову таблицю кольорів. Шкала для контролю якості кольоровідтворення згенерована в модулі Measure Tool з довідкового файлу (Testchart from Reference). Попередньо було визначено параметри, які доступні для налаштування: прилад для зчитування, формат аркуша, висота та ширина поля для визначення окремих колірних характеристик, назва тестової таблиці, збереження файлів для виводу в форматі TIFF або PDF та довідковий файл у текстовому форматі, попередній перегляд. Всі параметри взаємопов'язані, якщо тестова таблиця не підходить для обраного формату аркуша, після визначення всіх параметрів, вона автоматично розподіляється на декілька сторінок [12].

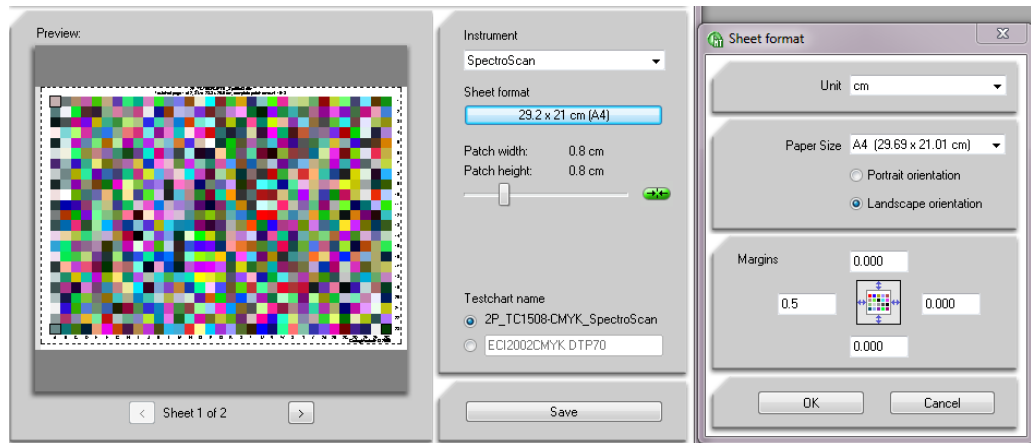


Рис. 1. Вікно модуля «Measure Tool» програмного забезпечення Profile Maker Pro

Друк зображень тестової таблиці проведено через програму опрацювання растрової графіки Adobe PhotoShop. Один комплект зображень тестової таблиці конвертовано до профілю PS0Coatedv3. Другий комплект зображень тестової таблиці опрацьовано в програмі ICaS-ColorSynthesis 2.0. В ICaS-Color Synthesis 2.0 для сумісності результатів кольороподілу задано характеристичні дані Fogra-51, на основі яких побудовано профіль PS0Coatedv3.

На струменевому принтері Epson L1800 видруковано 4 кольорові відбитки двохсторінкової тестової таблиці: два відбитки отримані одразу після відправлення на друк файлів з налаштуванням кольороподілу PS0Coatedv3, без внесення змін у канали СМΥΚ; інші два відбитки отримані після опрацювання файлів у програмі оптимізації кольорових фарб ICaS-Color Synthesis 2.0, де були внесені зміни у канали СМΥΚ. Спочатку відправлено на друк сторінки тестової таблиці лише з включеними каналами СМΥ – кольорові фарби, а потім на ті самі відбитки надруковано вміст чорного каналу. Звісно, що ручна подача паперу в принтер не забезпечує достатньої точності позиціонування, проте розмір контрольних полів досить великий, заміри будуть проводитись по середині поля, тому величина несуміщення фарб не буде мати значного впливу на результати досліджень (рис. 2).

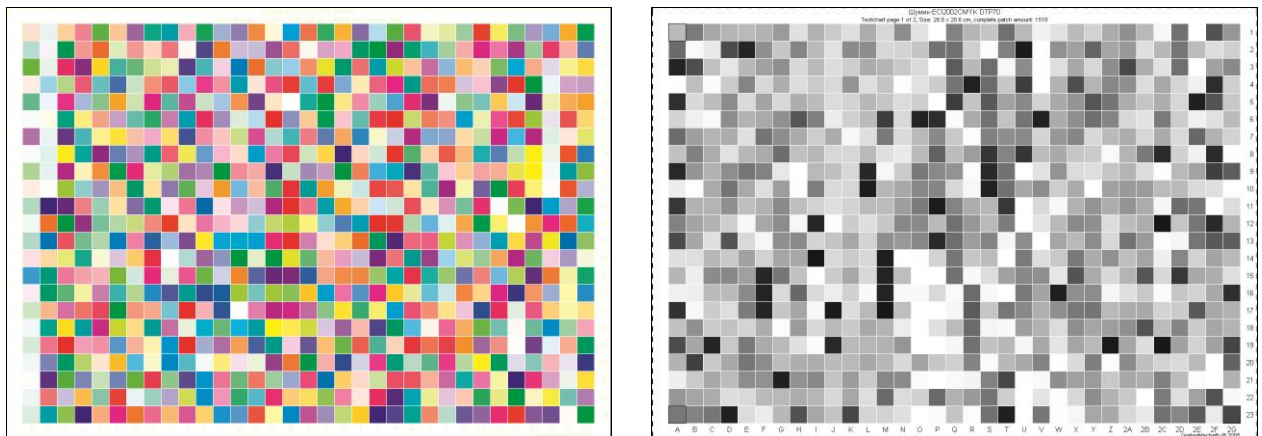


Рис. 2. Зображення накладання кольорових фарб СМΥ (зліва) та чорної фарби (K) для відтворення тестової таблиці за технологією кольороподілу ICaS-ColorPrint

Колірні координати полів тестової таблиці заміряно за допомогою спектрофотометра GretagMacbeth Spectrolino. Spectrolino – це високоточний спектрофотометр, який призначений для контролю якості та управління кольором у поліграфічному процесі [13]. В науково-дослідній лабораторії кафедри медіатехнологій та видавничо-графічних систем (Українська академія друкарства) спектрофотометр Spectrolino вмонтований на

координатний стіл SpectroScan, за допомогою якого можна здійснювати автоматизоване вимірювання полів тестових таблиць для контролю якості кольоровідтворення і відразу передавати дані в комп'ютер.

Обробка даних вимірювань проведена за допомогою програми ProfileMaker Professional, а саме: модуля Measure Tool. В цьому модулі можна скористатися функцією <Порівняння> (Compare) для визначення варіацій колориметричної, денситометричної та тональної стабільності. Програмне забезпечення автоматично обчислює статистику та відображає зміни кольору або щільності між окремими полями файлів вимірювання візуально і чисельно як значення Delta. Числове значення, що визначає відстань між двома кольорами в системі колірного простору, зазвичай виражається як Delta E [12].

На панелі інструментів модуля Measure Tool обрано Розрахунок (Calculating) / Порівняння (Comparing) та колориметричний режим. Завантажено перший файл вимірювання за допомогою випадального списку Reference (Посилання) та другий файл вимірювання за допомогою списку Sample (Зразок). Зі списку вибору формули визначення колірних відмінностей обрано ΔE_{2000} .

Для порівняння якісних характеристик кольоровідтворення співставляємо файл вимірювань відбитка, кольороподіленого за традиційною технологією з файлом вимірювань відбитків, підготовлених до друку за ресурсозберігаючою технологією ICaS-ColorPrint. Основними показниками для оцінки була різниця ΔE_{2000} між відповідними полями на віддрукованих відбитках.

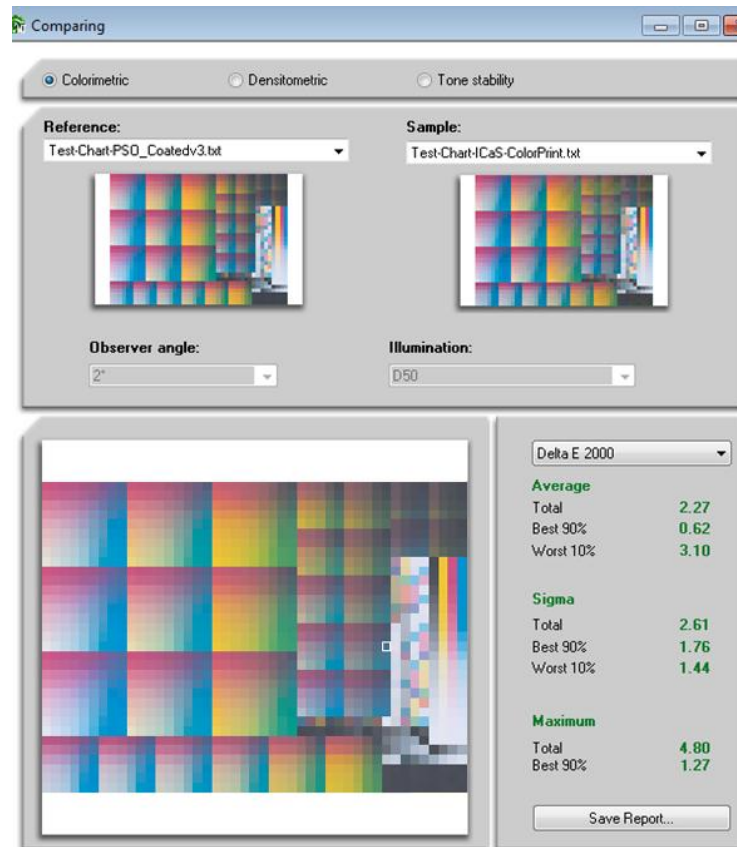


Рис. 3. Порівняння колориметричних вимірювань відбитків

Згідно з даними програми середнє значення колірних відмінностей – 2,27 од. ΔE , найменше – 0,62, найбільше – 4,80. З 1485 виміряних полів тестової шкали не має полів з колірною відмінністю більше 6 одиниць, що свідчить про точність кольоровідтворення.

Було проведено теоретичні розрахунки витрат фарб для друку тестової таблиці. В

програмі ICaS-Color Synthesis 2.0 проаналізовано канали СМΥК зображень для двох технологій кольороподілу за такими показниками: середнє значення відносної площі растрових елементів кожної з фарб СМΥК, максимальне значення сумарної площі накладання фарб. Для тестового зображення використання ресурсозберігаючої технології забезпечить 30% економії кольорових фарб, а загалом всіх фарб – 18% (рис. 4). Для тестового зображення така економія фарб є граничною, проте рівень економії фарб може сягати й 50-70%. Відсоток економії фарб залежить від значення ахроматичної складової кольорів на зображенні. Чим більше на зображенні нейтрально-сірих та темних кольорів, тим більшою буде економія кольорових фарб, оскільки в технології ресурсозбереження ICaS-ColorPrint закладено принцип відтворення будь-якого кольору максимум двома кольоровими і третьою чорною фарбами.

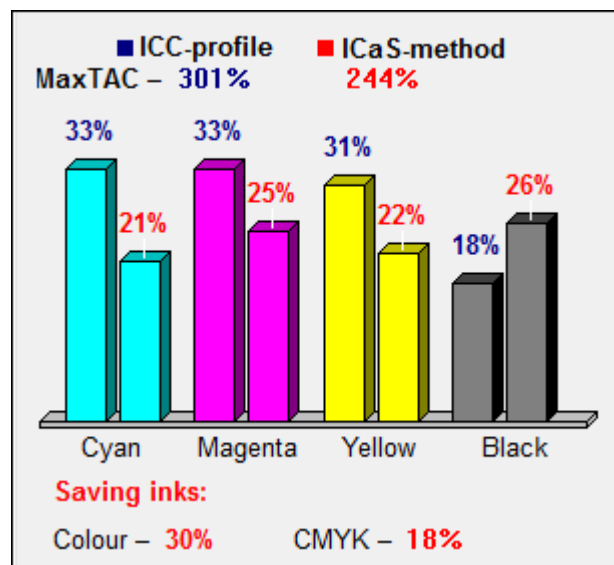


Рис. 4. Порівняння середніх значень відносних площ растрових елементів фарб СМΥК тестової таблиці за двома технологіями

Отже, проведено пошук інформаційних джерел, де представлено нові на ринку програмні продукти, застосування яких забезпечує економічний ефект та стабільність друкарського процесу, чим підтверджено актуальність розробки технології оптимізації фарб. Більшість з них забезпечують економію фарб за рахунок збільшення ступеня заміни сірої компоненти та опрацьовують табличні дані колориметричних вимірювань відбитків методом співставлення та інтерполяції. Відмінність розробленої авторами технології ресурсозбереження полягає у застосуванні аналітичної моделі синтезу кольорів на відбитку та розв'язку рівнянь для кожного пікселя на зображенні.

Застосування кольорного простору ICaS дає можливість точно визначити область попарного накладання фарб (голуба і пурпурна, пурпурна і жовта чи жовта і голуба) на хроматичній CaS-діаграмі для довільного кольору цифрового оригіналу та розв'язати систему рівнянь автотипного синтезу. Отримані різницеві значення колориметричних вимірювань двох відбитків, віддрукованих на принтері, знаходяться в допустимих межах, що свідчить про високу точність відтворення кольорів у цифровому друці при застосуванні розробленої технології.

Перелік посилань:

1. Alwan ColorHub 6 – PDF Color Management Server. Електронний ресурс. Режим доступу: URL: <https://www.alwancolor.com/products/alwan-colorhub>.
2. DONEgcr. Save printing ink and reduce production costs. Електронний ресурс. Режим

доступу: URL: <http://donesoftware.net>.

3. Save ink, improve print results: GMG InkOptimizer. Електронний ресурс. Режим доступу: URL: <https://www.gmgcolor.com/products/inkoptimizer>.

4. Как оптимизировать расход краски. Електронний ресурс. Режим доступу: URL: http://www.publish.ru/articles/200809_5462555.

5. Программное решение для оптимизации расхода чернил. // Наружка : издание для производителей рекламы. – февраль, 2012 г. – С. 25.

6. Shovhenyuk M. V., Semeniv M. R., Kovalskyi B. M., Hlushchenko A. V., Nazarenko V. G. Method for separating the colours of a digital image into two coloured inks and black ink for four or more colour printing. International Patent WO/2019/074467 from 18.04.2019. https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2019074467&_cid=P22-JYRS5A-61591-1.

7. Ковальський Б. М., Семенів В. В., Семенів М. Р., Шовгенюк М. В. Визначення характеристик стандартних умов кольороподілу за допомогою програми «ICaS-Color Inks Gamut». – Наукові записки: зб. наук. праць. – Львів: УАД, 2016. – № 1 (52). – С. 51-61.

8. Свідоцтво № 41966 Україна про реєстрацію авторського права на твір. Комп'ютерна програма «ICaS CMYK-Correction». / Шовгенюк М. В., Крик М. Р., Кульчицька Х. Б. (Україна);. – заявл.; зареєстровано 30.01.12 в Державному реєстрі свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір.

9. Свідоцтво № 46371 Україна про реєстрацію авторського права на твір. Комп'ютерна програма «ICaS Color Print 2.0». / Шовгенюк М. В., Крик М. Р., Інститут фізики конденсованих систем НАН України (Україна);. – № 46745; заявл. 12.09.12; зареєстровано 13.11.12 в Державному реєстрі свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір.

10. Ковальський Б. М. Комп'ютерна програма синтезу зображення на відбитку для нової інформаційної та традиційних технологій кольорового друку / Б. М. Ковальський, М. Р. Семенів, М. В. Шовгенюк // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, IV(10), Issue: 91, 2016. – С. 72-78.

11. Довідка програмного забезпечення. ProfileMaker Professional Help.

12. Gretag Macbeth spectrolino™ / spectroscan™ Електронний ресурс. Режим доступу: URL: <https://pechatnick.com/market/spektrofotometri/gretag-macbeth-spectrolino-spectroscan-spektrofotometri>.

13. ProfileMaker 5.0.10. Електронний ресурс. Режим доступу: URL: <http://symbian.kh.ua/main/prog/31526-profilemaker-5.0.10-eng-crack.html>